



Progetto PON03 I-AMICA (Infrastruttura di Alta tecnologia per il Monitoraggio Integrato Climatico-Ambientale; <http://www.i-amica.it>)

Obiettivo Realizzativo OR4.4 Studio e monitoraggio processi interfaccia biosfera idrosfera e funzionalità degli ecosistemi costieri

Risultati preliminari delle campagne oceanografiche I-AMICA_2012_01 e I-AMICA_2012_02 Foce del Fiume Volturno, Golfo di Gaeta Mar Tirreno centrale

RAPPORTO TECNICO

Luciana Ferraro¹, Fabrizio Lirer¹, Sergio Bonomo¹, Antonio Cascella², Mattia Vallefucoco¹, Serena Gherardi¹, Stella Tamburrino¹, Ines Alberico¹, Erlisiana Anzalone¹, Rita Barra³, Monica Capodanno¹, Vincenzo Di Fiore¹, Costantino Di Gregorio¹, Rosanna Ferraro¹, Laura Giordano¹, Michele Iavarone¹, Ennio Marsella¹, Renata Migliaccio¹, Flavia Molisso¹, Michele Punzo¹, Paola Rumolo¹, Paolo Scotto di Vettimo¹, Daniela Tarallo¹.

¹IAMC - CNR (Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Napoli)

²INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Pisa)

³Comitato EvK2CNR, Sede di Napoli



Foto aerea della Foce del Fiume Volturno (www.alimages.it)

INDICE

1. Introduzione	3
2. Area di studio	5
3. Inquadramento geologico	7
3.1 Il Golfo di Gaeta	7
3.2 La Foce del Fiume Volturno	7
4. Obiettivi e metodologie	8
5. Acquisizione dei dati	9
5.1 Nave Astrea: caratteristiche tecniche e dotazione scientifica	9
5.2 Strumentazione utilizzata e campionamento	10
5.2a Box-corer	10
5.2b Sonda multiparametrica (CTD)	11
5.2c Sistema multicampionatore con Bottiglie Niskin	12
6. Risultati preliminari	13
6.1 Analisi quantitative Biocenosi a Coccolitoforidi	13
6.2 Dati sonda Multiparametrica	16
6.3 Analisi quantitative Tanatocenosi a Coccolitoforidi	17
6.4 Analisi quantitative Biocenosi a Foraminiferi Bentonici	18
6.5 Analisi Fisiche	22
6.6 Analisi Geochimiche	23
Bibliografia	26

1. Introduzione

Vengono presentati i risultati preliminari delle prime due campagne oceanografiche I-AMICA_2012_01 e I-AMICA_2012_02 di monitoraggio stagionale delle variazioni dell'ecosistema marino-costiero alla Foce del Fiume Volturno (Golfo di Gaeta - Tirreno centrale), condotte a Giugno e ad Ottobre 2012, a bordo della Nave Oceanografica (R/V) ASTREA dell'ISPRA.

Tale attività di ricerca è parte integrante del Progetto PON03 di potenziamento strutturale I-AMICA (Infrastruttura di Alta tecnologia per il Monitoraggio Integrato Climatico-Ambientale; <http://www.i-amica.it>). Si tratta di un progetto che si fonda sull'attivazione di interventi di adeguamento e rafforzamento infrastrutturale nelle Regioni di Convergenza (Campania, Calabria, Puglia e Sicilia) e ha lo scopo di promuovere e sviluppare strutture ed attrezzature per il monitoraggio del clima e dell'ambiente (aria-terra-acqua) nella Regione del Mediterraneo e in altre aree sensibili del Pianeta.

Il progetto è articolato in quattro Obiettivi Realizzativi (OR) finalizzati a: rafforzare le Strutture osservative per il monitoraggio climatico ambientale (OR1), promuovere innovazione, sviluppo tecnologico, trasferimento industriale (OR2), collegare e integrare a livello regionale, europeo e globale la Rete osservativa climatico ambientale satellite di infrastrutture internazionali (OR3) potenziare e sviluppare procedure e prodotti in grado di fornire un importante supporto per la progettazione e la messa in opera di attività di monitoraggio e difesa del territorio delle comunità regionali e locali delle Regioni di Convergenza (OR4).

Ogni obiettivo realizzativo è suddiviso in attività; in particolare l'attività di ricerca svolta nel corso delle campagne oceanografiche I-AMICA_2012_01 e I-AMICA_2012_02 rientra nell'Obiettivo Realizzativo OR4 Attività 4.4 che riguarda l'osservazione e il monitoraggio dei processi interfaccia biosfera idrosfera e funzionalità degli ecosistemi costieri.

L'attività di ricerca di monitoraggio ambientale integrato della foce del Fiume Volturno, attraverso studi del fondo mare e della colonna d'acqua, vuole chiarire quali interazioni incorrono a scala stagionale tra il suddetto fiume, che interessa un bacino idrografico di circa 6000 km², ed un tratto della zona costiera del Golfo di Gaeta fortemente antropizzato. Tali indagini di monitoraggio non possono prescindere dallo studio di record marini del recente passato geologico che rappresentano, ad oggi, l'unico strumento di analisi delle dinamiche dell'interazione del sistema evolutivo terra-mare in condizioni differenti da quelle attuali ed è insostituibile per testare la validità dei modelli previsionali a medio e lungo termine. Queste ricerche, che si svolgeranno nel corso di tre anni, prevedono lo sviluppo di nuova sensoristica per il monitoraggio ambientale e la realizzazione di un protocollo di indagine per i settori marino-costieri fortemente antropizzati per una gestione integrata della fascia costiera. Tale protocollo potrà essere utilizzato dalle istituzioni e dalle autorità locali per promuovere una gestione integrata di quest'area costiera "sensibile" del casertano.

Nel corso delle campagne oceanografiche tutte le operazioni sono state effettuate impiegando come mezzo navale l'unità oceanografica ASTREA dell'ISPRA, ed hanno avuto una durata totale di 4 giorni (19-20 Giugno 2012; 22-23 Ottobre 2012) con imbarco al Porto di Formia e al Porto di Pozzuoli e sbarco al Porto di Pozzuoli. Per entrambe le campagne le attività di lavoro si sono svolte nel corso delle 12h con rientro al Porto di Procida. Il personale presente a bordo della nave comprende ufficiali e personale di bordo e personale scientifico afferente a IAMC-CNR di Napoli e a INGV di Pisa come riportato nelle tabelle 1 e 2.

Personale scientifico Campagna Oceanografica I-AMICA_2012_01 / I-AMICA_2012_02			
Cognome Nome	Afferenza	Qualifica	Mansioni
Luciana Ferraro	IAMC – CNR, Napoli	Ricercatore	Capo Missione (I-AMICA_2012_01); Resp. OR4.4
Fabrizio Lirer	IAMC – CNR, Napoli	Ricercatore	BCG
Sergio Bonomo	IAMC – CNR, Napoli	Ricercatore	BD - Capo Missione I-AMICA_2012_02
Mattia Vallefucio	IAMC – CNR, Napoli	Tecnico	BC
Paolo Scotto	IAMC – CNR, Napoli	Tecnico	EF
Michele Punzo	IAMC – CNR, Napoli	Tecnico	CDE
Daniela Tarallo	IAMC – CNR, Napoli	Assegnista	CDE
Stella Tamburrino	IAMC – CNR, Napoli	Assegnista	CDE
Antonio Cascella	INGV - Pisa	Ricercatore	CDC
A) Navigazione			
B) Pianificazione e logistica			
C) Acquisizione campionatura sedimenti			
D) Acquisizione campionatura acqua			
E) Acquisizione dati sonda multiparametrica			
F) Supporto elettronico e meccanico			
G) Co-responsabile scientifico			

Tabella 1 - Personale di ricerca partecipante alle campagne oceanografica I-AMICA_2012_01 e I-AMICA_2012_02.

Cognome Nome	Qualifica
Colorito Massimo	Comandante
Guida Pasquale	Comandante
Antonio Costagliola	Marinaio
Michele Lubrano	Direttore

Tabella 2 - Personale di bordo (N/O Astrea) - campagne oceanografica I-AMICA_2012_01 e I-AMICA_2012_02.

2. Area di studio

L'area di indagine comprende il settore di piattaforma continentale compreso tra l'isobata dei -5 m e -50 m prospiciente la Foce del Fiume Volturno (Golfo di Gaeta; Fig. 1). Sono state realizzate 22 stazioni di campionamento secondo transeetti disposti parallelamente e trasversalmente alla linea di costa (Fig. 2 – Tab. 1).

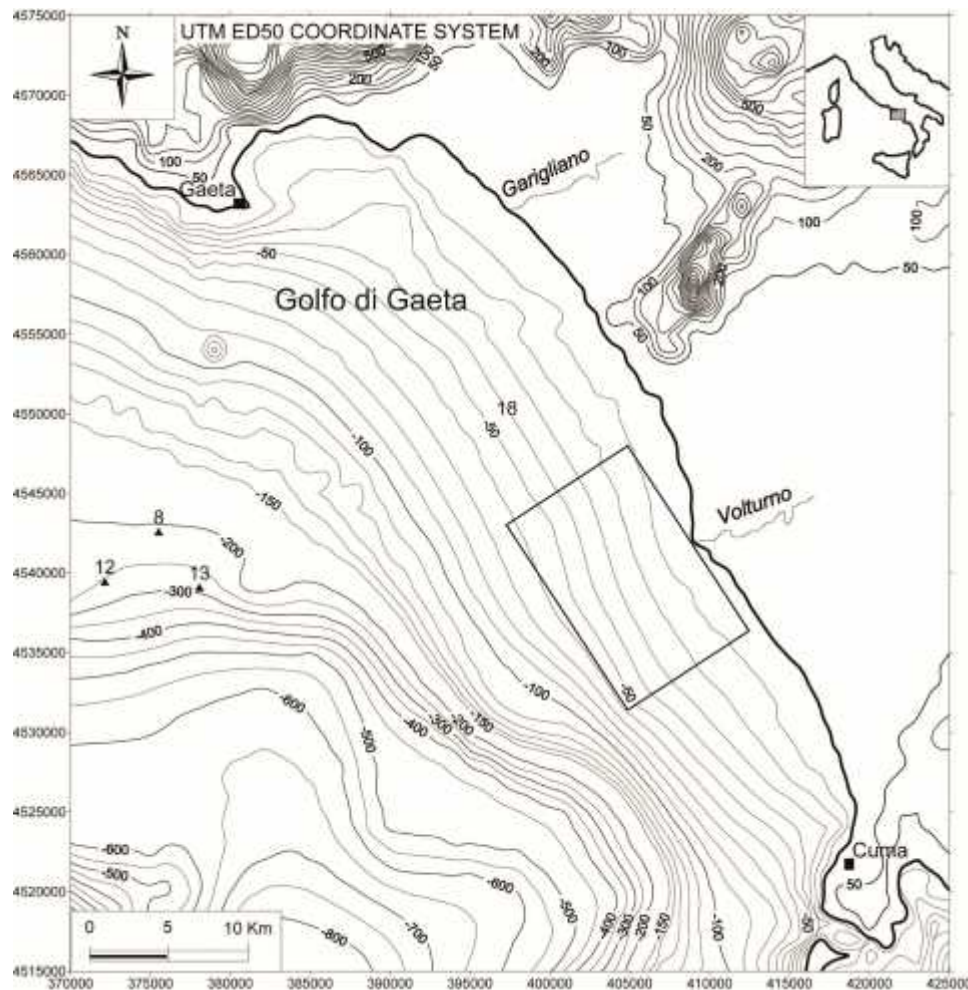


Figura 1 - Ubicazione dell'area in studio.

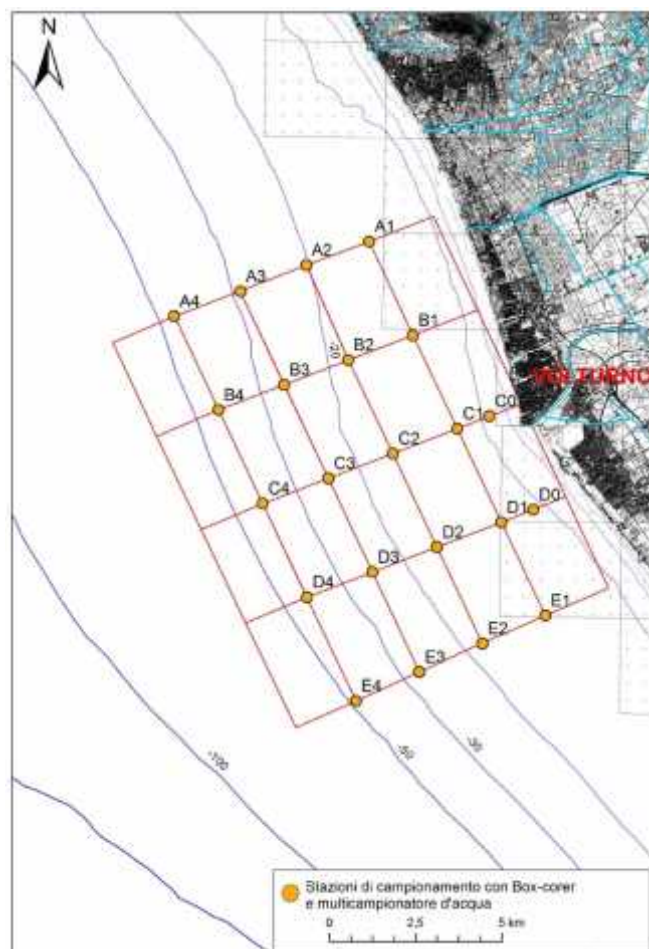


Figura 2 - Ubicazione delle stazioni di campionamento.

Stazione	Latitudine (N)	Longitudine (E)	Profondità (m)
A1	41° 4' 18.2349"	13° 52' 9.0638"	15,9
A2	41° 3' 55.2191"	13° 50' 51.3489"	20,3
A3	41° 3' 29.5882"	13° 49' 29.8398"	29
A4	41° 3' 5.3311"	13° 48' 7.8950"	45,6
B1	41° 2' 50.3811"	13° 53' 5.0973"	15
B2	41° 2' 26.1193"	13° 51' 44.9426"	19,1
B3	41° 2' 2.0446"	13° 50' 25.5720"	26
B4	41° 1' 37.4505"	13° 49' 4.4711"	42,7
C0	41° 1' 35.0273"	13° 54' 41.1327"	9,9
C1	41° 1' 22.6846"	13° 54' 1.4714"	13,7
C2	41° 0' 58.5349"	13° 52' 41.7237"	18
C3	41° 0' 34.3373"	13° 51' 21.9503"	24,1
C4	41° 0' 9.8206"	13° 50' 1.0002"	40,1
D0	41° 0' 7.2170"	13° 55' 37.1981"	12,1
D1	40° 59' 54.9795'	13° 54' 57.8034"	14,1
D2	40° 59' 30.8409"	13° 53' 38.0789"	18,1
D3	40° 59' 6.6535'	13° 52' 18.2432"	24
D4	40° 58' 42.1825'	13° 50' 57.5299"	41,3
E1	40° 58' 27.6522"	13° 55' 53.7876"	15,7
E2	40° 58' 0.5918"	13° 54' 36.0170"	19,1
E3	40° 57' 33.1279"	13° 53' 18.2709"	27
E4	40° 57' 5.0934"	13° 52' 0.0392"	48,1

Tabella 1 - Coordinate geografiche e profondità delle stazioni di campionamento.

3. Inquadramento geologico

3.1 Il Golfo di Gaeta

La piattaforma continentale tra il Golfo di Gaeta ed il Promontorio del Cilento rappresenta l'estensione verso mare delle piane costiere alluvionali che delimitano il settore tirrenico della catena appenninica, che si sono individuate in seguito a forti tassi di subsidenza tettonica in un regime di stretching continentale e di estensione. Tali piane alluvionali (Piana Campana, Piana del Sarno e Piana del Sele) sono delimitate verso nord-est dai rilievi interni della catena appenninica, la cui continuità è interrotta da alti strutturali ad andamento NE-SW e da complessi vulcanici (Campi Flegrei e Somma-Vesuvio). Il riempimento sedimentario è caratterizzato da depositi clastici marini e continentali che si alternano, sia nella Piana Campana che nella Piana del Sarno, ad abbondanti prodotti vulcanici. L'età di tale riempimento è essenzialmente pleistocenica, sebbene manchi una precisa datazione delle prime sequenze che ricoprono il basamento acustico (Brancaccio et al., 1995) rappresentato da carbonati meso-cenozoici e da sequenze cenozoiche deformate e dagli associati depositi di flysch ("Flysch del Cilento", "Unità Sicilidi" ed "Unità Liguridi"; Bonardi, 1988). Il limite meridionale della Piana Campana è rappresentato dal distretto vulcanico dei Campi Flegrei, che è stato attivo almeno negli ultimi 50 ky (Capaldi et al., 1986).

La costa tra Gaeta e Cuma (Fig. 1), localizzata in corrispondenza delle piane costiere dei Fiumi Garigliano e Volturno, è lunga 65 km e presenta un andamento NW-SE. Lungo il litorale, spiagge sabbiose si alternano a tratti di costa rocciosa. Terrazzi marini di età quaternaria sono presenti nell'area costiera tra +230 and +30 m testimonianza di antichi livelli del mare.

La piattaforma continentale, debolmente inclinata verso mare, mostra la massima ampiezza in corrispondenza della foce del Fiume Garigliano (20 Km) e la minima ampiezza in corrispondenza di Cuma (~10 km); il ciglio della piattaforma è localizzato a -120/-130 m di profondità.

In corrispondenza dell'attuale delta del Fiume Volturno è possibile identificare una marcata convessità verso mare delle isobate legata all'antica foce del fiume stesso (Pennetta et al., 1998). Quest'ultima potrebbe essere attribuita all'abbassamento del livello del mare durante l'ultima glaciazione riferibile a circa 18.000 anni fa (Würm).

La scarpata superiore è caratterizzata dalla presenza di numerosi canyon; il canyon di Cuma, probabilmente localizzato in corrispondenza di una faglia, mostra fenomeni erosivi in testata dovuti a collassi gravitativi e a flussi di massa.

3.2 La foce del Fiume Volturno

Il delta del fiume Volturno può essere definito di tipo bialare, cuspidato e simmetrico.

La piana deltizia interna è costituita da un'area piatta per lo più compresa tra 0 e 3 metri di quota ed è interessata da opere di bonifica che l'hanno completamente prosciugata negli ultimi due secoli (Fig. 3). Anche se sono riconoscibili alcune zone paludose, appare notevolmente estesa la rete di canali, soprattutto nella parte a sud dei Regi Lagni; essi

sono evidenti anche nella zona più settentrionale compresa fra il corso del Volturno e il canale Agnena. Al drenaggio di queste aree contribuiscono varie idrovore. La piana deltizia esterna, situata ad ovest della strada statale, risulta invece ondulata per la presenza di vari cordoni costieri in gran parte coperti da vegetazione (pineta di Castel Volturno). Anche in questa porzione di piana deltizia sono riconoscibili diversi piccoli specchi d'acqua, alcuni dei quali allungati parallelamente alla linea di riva. Il fiume Volturno si presenta meandriforme con alcune anse particolarmente accentuate lungo il tratto compreso fra Cancellone Arnese e Castel Volturno; da qui alla foce il suo andamento è rettilineo.



Figura 3 - La Piana alluvionale del Fiume Volturno.

4. Obiettivi e Metodologie

Le Campagne Oceanografiche I-AMICA_2012_01 e I-AMICA_2012_02 hanno avuto i seguenti obiettivi:

1. campionatura dei sedimenti a fondo mare mediante box-corer;
2. prelievo di campioni d'acqua per mezzo di multicampionatore con 12 bottiglie da 5l (Bottiglie Niskin);
3. misurazione in colonna d'acqua con sonda multiparametrica (CTD) di temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinità (PSU), pH, ossigeno disciolto (mg/l), clorofilla α ($\mu\text{g/l}$) e torbidità (trasmissometro).

5. Acquisizione dei dati

5.1 Nave Astrea: caratteristiche tecniche e dotazione scientifica

La nave Astrea, di proprietà dell'ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ex Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare - ICRAM) è gestita dalla società SO.PRO.MAR. S.p.A. Dal punto di vista scientifico la nave è in grado di impiegare praticamente qualsiasi tipo di strumentazione, compatibilmente con le sue dimensioni (Fig. 4).

La nave è in grado di eseguire:

1. ricerche oceanografiche (biologiche, chimiche e fisiche) in zone litoranee, costiere ed in alto mare;
2. raccolta dati in superficie e profondità (CTD, campionatura acqua continua, ADCP, ecoscandaglio, idrofoni);
3. rimorchio ed impiego di ROVs, AUVs, boe oceanografiche e catene correntometriche;
4. trasporto ed impiego di un battello ausiliario;
5. messa in opera ed impiego reti per pesca scientifica, pelagiche e da fondo;
6. navigazione di precisione per lunghi periodi ed a bassa velocità.



Figura 4 - La nave oceanografica ASTREA dell'ISPRA utilizzata per le Campagne Oceanografiche I-AMICA_2012_01 (19-20 Giugno 2012) e I-AMICA_2012_02 (22-23 Ottobre 2012).

5.2 Strumentazioni utilizzate e campionamento

5.2a Box-corer

Il box-corer è un campionatore geologico marino per il recupero di sedimenti incoerenti in laghi e oceani (Fig. 5). Viene utilizzato da una nave di ricerca e calato in mare attraverso un verricello. E' stato progettato per creare il minimo disturbo per il campionamento del sedimento all'interfaccia acqua-sedimento, al fine di preservare le caratteristiche al fondo mare, importanti per le indagini quantitative del micro-benthos e del macrobenthos e dei processi geochimici.



Figura 5 - Box-corer.

Su tutti i campioni di sedimento prelevati nel corso delle due campagne sono stati misurati, per ogni livello campionato: T°, pH e Eh (Fig. 6).

Per ogni stazione di campionamento sono stati prelevati i seguenti sub-campioni:

- livello superficiale (0-1 cm): 4 campioni per analisi della microfauna e microflora (3 campioni per analisi foraminiferi bentonici; 1 campione per analisi nannofossili calcarei) – 1 campione per analisi granulometriche;
- livello 0-10 cm: 2 campioni per analisi geochemiche – 1 campione per analisi granulometriche;
- livello 10-25 cm: 2 campioni per analisi geochemiche – 1 campione per analisi granulometriche (questo livello è stato campionato solo nel corso della campagna I-AMICA_2012_01);
- 1 carota di 25 cm per analisi ad alta risoluzione per lo studio della distribuzione del plancton calcareo (campionato solo per la campagna I-AMICA_2012_01).

I campioni per le analisi sulla distribuzione dei foraminiferi bentonici sono stati colorati, al momento del prelievo, con una soluzione di Rosa Bengala (Walton, 1952) ed alcool al fine di fissare la parte organica vivente per lo studio delle biocenosi.



Figura 6 - Misurazione nel sedimento di T°, pH ed Eh e prelievo delle carotine di sedimento per studi paleoclimatici di alta risoluzione

5.2b Sonda Multiparametrica (CTD)

La sonda multiparametrica (CTD) permette il monitoraggio di vari parametri fisici, chimici e biologici nell'ambito di studi oceanografici della colonna d'acqua (Fig. 7): viene utilizzata al fine di studiare la distribuzione, ed eventuali anomalie, di questi parametri e per poter individuare masse d'acqua con caratteristiche e origini diverse.

Per effettuare le misurazioni dei principali parametri chimico-fisici delle acque dell'area in esame si è utilizzata una sonda multiparametrica della Seabird (SBE 911) a flusso controllato (Fig. 7). Il flusso controllato è indispensabile per poter controllare il tempo di reazione del sensore di conducibilità (impossibile senza flusso controllato) e quindi per poter sincronizzare le misure di temperatura e quelle di conducibilità per calcolare correttamente la salinità. La letteratura scientifica evidenzia chiaramente come senza flusso controllato i calcoli di salinità siano affetti da picchi artificiali causati dal mancato sincronismo delle misure di temperatura e conducibilità.

I sensori installati hanno permesso di misurare valori di temperatura (C°), salinità (PSU), ossigeno disciolto (mg/l), clorofilla α ($\mu\text{g/l}$), pH e di calcolare la percentuale di attenuazione del segnale (Beam Transmission – “torbidità”).

I dati raccolti sono stati convertiti ed elaborati utilizzando il software SBE Data Processing (versione 7.21K). Per la rappresentazione in carta delle sezioni dei transetti campionati si è utilizzato il software Ocean Data View (Schlitzer R., 2013).



Figura 7 - Sonda multiparametrica Modello SeaBird (SBE 911) installata sulla N/O Astrea.

5.2c Sistema multicampionatore con bottiglie Niskin

Il campionamento in colonna d'acqua avviene a diversa profondità. Gli strumenti campionatori sono dotati infatti di un sistema di apertura e chiusura attivabile alle profondità prescelte.

I campioni d'acqua sono stati prelevati utilizzando le bottiglie Niskin installate sul frame della sonda multiparametrica (CTD) (Fig. 8).

I campionamenti d'acqua sono stati finalizzati allo studio delle associazioni viventi a Cocolitoforidi. In ogni stazione sono state campionate, quando possibile, le quote -5, -15 e -30 m, per un totale di 42 campioni.

Utilizzando una pompa da vuoto l'acqua è stata filtrata direttamente a bordo utilizzando membrane in nitrocellulosa con porosità di 0.47 μm . Terminata la filtrazione del campione si è conservato il filtro in una capsula petri sterile ed asciugato in forno per 24 ore a 40°. Per le analisi al microscopio ottico un pezzetto di membrana, tagliato lungo il suo raggio, è stato montato su un vetrino porta oggetto utilizzando l'adesivo della Norland Optical Adesive. La conta delle cellule è stata effettuata con un microscopio a luce polarizzatore Zeiss a 1000X. La densità di cellule di Cocolitoforidi è stata calcolata usando la seguente equazione: $CD = \frac{A \cdot N}{a \cdot v}$, dove CD= densità cellulare (cellule/l); A= area di filtrazione totale (mm^2); N= numero totale di cellule contate, a = area analizzata (mm^2) e v = volume di acqua filtrata.



Figura 8 - Bottiglie Niskin installate sulla struttura della sonda multiparametrica SBE 911.

6. Risultati preliminari

6.1 Analisi quantitative Biocenosi a Coccolitoforidi

I Coccolitoforidi sono alghe planctoniche unicellulari appartenenti al Phylum Haptophyta (Fig. 9). Sono una delle fonti principali per la produzione di carbonato di calcio negli oceani sin dal Mesozoico e, negli ultimi anni, stanno attirando l'attenzione della comunità scientifica internazionale anche alla luce della loro potenzialità nel valutare la risposta degli organismi marini all'acidificazione degli oceani.

Da un'analisi preliminare dei dati di densità dei campioni analizzati (Fig. 10) si evidenzia come i Coccolitoforidi siano ben rappresentati con una distribuzione spaziale chiaramente condizionata sia da fattori oceanografici locali che stagionali, entrambi modulati anche dalla presenza del fiume Volturno. Il numero di specie identificate (Tabelle 2-3) ed i valori di densità registrati durante le due campagne sono chiaramente correlati alle stagioni di campionamento. Infatti si nota come il grado di diversità tende a diminuire da giugno ad ottobre dove l'associazione a Coccolitoforidi è dominata dal taxon *E. huxleyi* (Fig. 9). Contrariamente alla diversità i valori di abbondanza rilevati ad ottobre subiscono un incremento di ben 20 volte rispetto ai valori registrati nel mese di giugno (Fig. 11A-B).

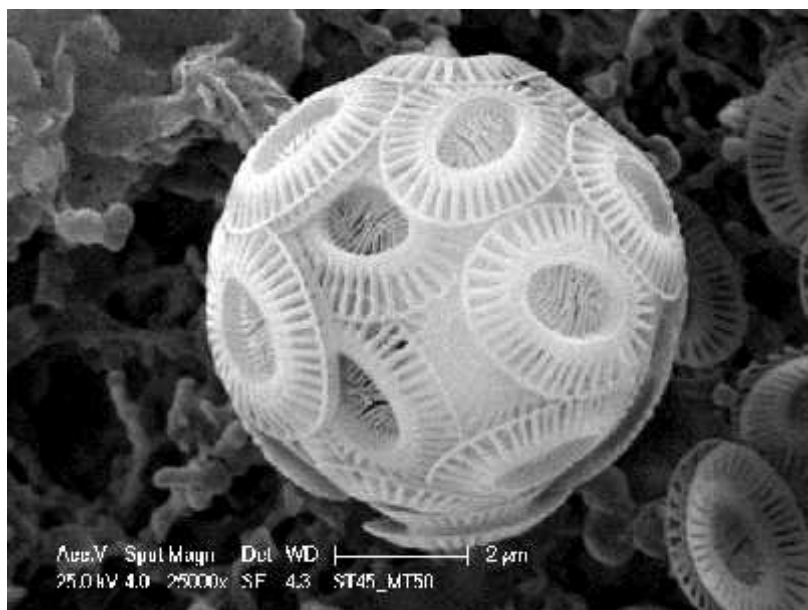


Figura 9 - Coccolitoforide specie *Emiliana huxleyi*.

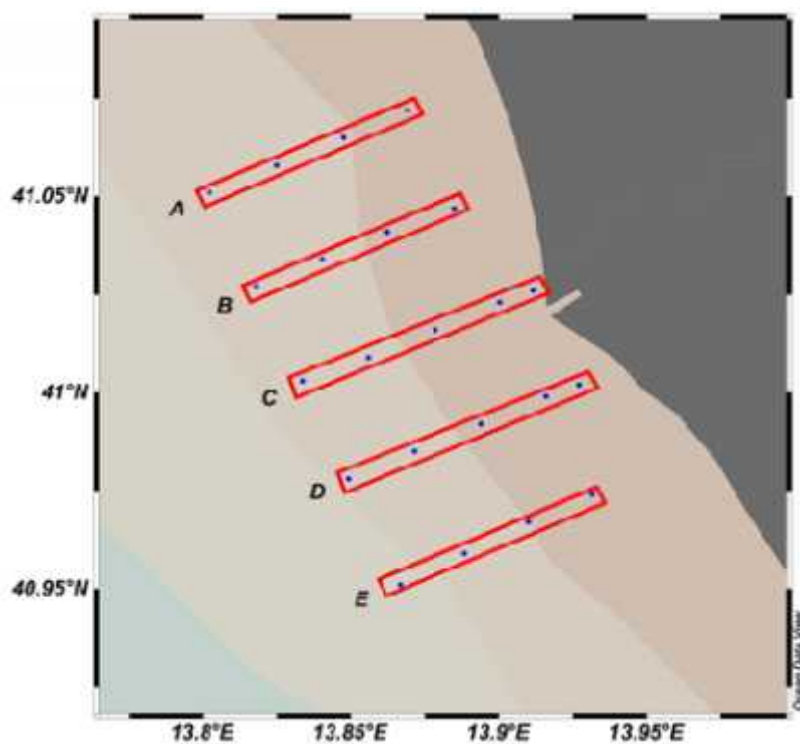


Figura 10 - Ubicazione delle stazioni di campionamento; i box rossi, marcati da lettere, indicano i transetti di riferimento.

TAXA Campagna oceanografica I_AMICA_2012_01	
Heterococcolithophores	
<i>Braarudosphaera bigelowii</i> - (Gran & Braarud, 1935) Deflandre, 1947	
<i>Calciosolenia</i> spp - Gran, 1912	
<i>C. brasiliensis</i> - (Lohmann, 1919) Young et al., 2003	
<i>Ceratolithus cristatus</i> - Kamptner, 1950	
<i>Coronosphaera</i> spp. - Gaarder, 1977	
<i>C. binodata</i> – (Kamptner, 1927) Gaarder, 1977	
<i>C. mediterranea</i> - (Lohmann, 1902) Gaarder, 1977	
<i>Emiliana huxleyi</i> - (Lohmann 1902) Hay & Mohler 1967	
<i>Gephyrocapsa</i> spp - Kamptner, 1943	
<i>Helicosphaera</i> spp - Kamptner, 1954	
<i>H. carteri</i> - (Wallich, 1877) Kamptner, 1954	
<i>Rhabdosphaera xiphos</i> - (Deflandre & Fert, 1954) Norris, 1984	
<i>R. clavigera</i> - Murray & Blackman, 1898	
<i>Syracosphaera</i> spp - Lohmann, 1902	
<i>S. tumularis</i> - (Lohman, 1912) Janin, 1987	
<i>S. histrica</i> - Kamptner, 1941	
<i>S. pulchra</i> - Lohman, 1902	
<i>Umbellosphaera tenuis</i> - (Kamptner, 1937) Paasche, 1955	
Altri	
<i>Thoracosphaera heimii</i> - (Lohmann, 1919) Kamptner, 1944	
Holococcolithophores	
Holococcolithophores spp	
<i>Helicosphaera carteri</i> HOL { <i>Syracolithus catilliferus</i> } - (Kamptner, 1937) Deflandre, 1952	
<i>Scyphosphaera apsteinii</i> HOL { <i>Syracolithus schilleri</i> } - (Kamptner, 1927) Loeblich & Tappan, 1952	
<i>Syracosphaera anthos</i> HOL { <i>Periphyllophora mirabilis</i> } - (Schiller, 1925) Kamptner, 1937	
<i>S. pulchra</i> HOL { <i>Calyptrosphaera oblonga</i> } - Lohmann, 1902	

Tabella 2 - Elenco dei Coccolitoforidi identificati nei campioni d'acqua della campagna di Giugno 2012.

TAXA Campagna oceanografica I_AMICA_2012_02	
Heterococcolithophores	
<i>Algirosphaera robusta</i> - (Lohmann 1902) Norris 1984	
<i>Braarudosphaera bigelowii</i> - (Gran & Braarud, 1935) Deflandre, 1947	
<i>Calciosolenia brasiliensis</i> - (Lohmann, 1919) Young et al., 2003	
<i>Ceratolithus cristatus</i> - Kamptner, 1950	
<i>Coronosphaera mediterranea</i> - (Lohmann, 1902) Gaader, 1977	
<i>Emiliana huxleyi</i> - (Lohmann 1902) Hay & Mohler 1967	
<i>Gephyrocapsa</i> spp - Kamptner, 1943	
<i>Helicosphaera carteri</i> - (Wallich, 1877) Kamptner, 1954	
<i>Rhabdosphaera xiphos</i> - (Deflandre & Fert, 1954) Norris, 1984	
<i>Scyphosphaera porosa</i>	
<i>Syracosphaera histrica</i> - Kamptner, 1941	
<i>S. pulchra</i> - Lohman, 1902	
Altri	
<i>Thoracosphaera heimii</i> - (Lohmann, 1919) Kamptner, 1944	
Holococcolithophores	
Holococcolithophores spp	
<i>Helicosphaera carteri</i> HOL { <i>Syracolithus catilliferus</i> } - (Kamptner, 1937) Deflandre, 1952	

Tabella 3 - Elenco dei Coccolitoforidi identificati nei campioni d'acqua della campagna di Ottobre 2012.

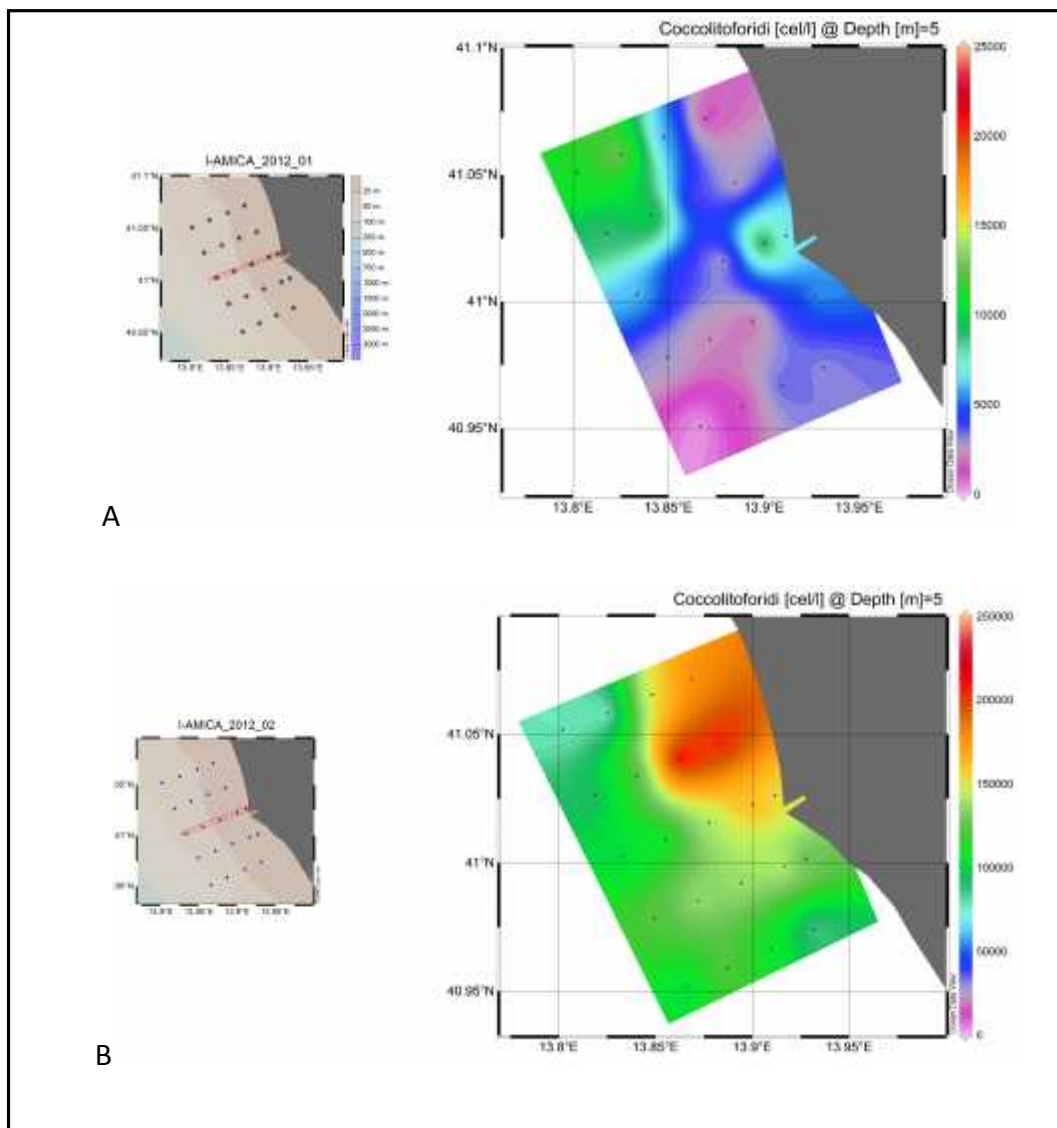
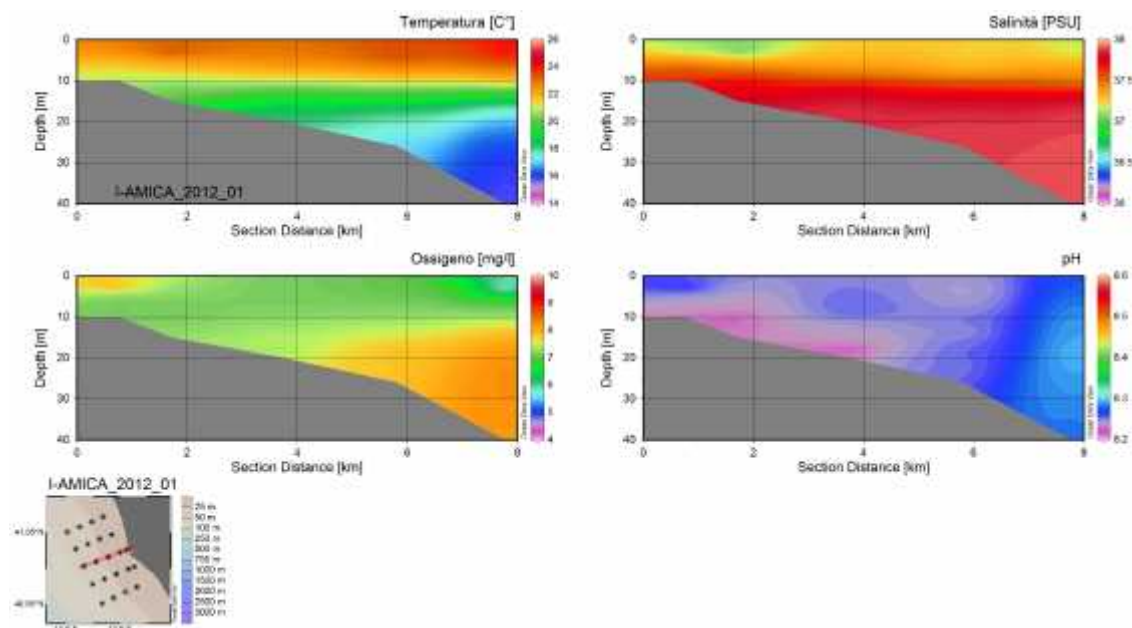


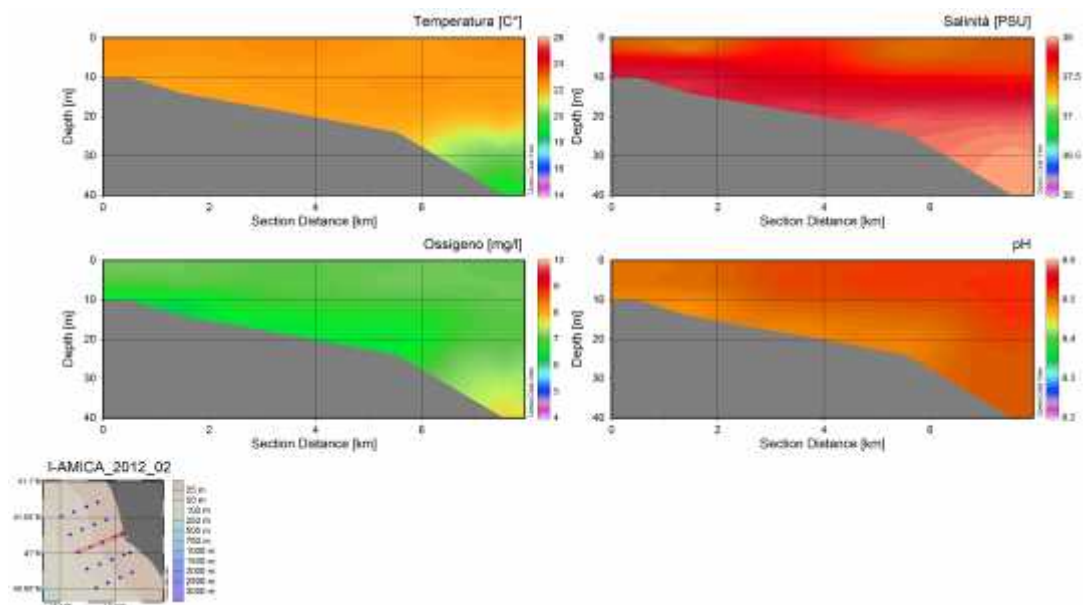
Figura 11 - Mappe di distribuzione della densità dei Coccolitoforidi a -5 metri (A: Giugno, campagna oceanografica I-AMICA_2012_01; B: Ottobre, campagna oceanografica I-AMICA_2012_02).

6.2 Dati sonda Multiparametrica

Da un'analisi preliminare dei dati raccolti dalla sonda multiparametrica si evidenzia, in giugno, un chiaro e netto termoclino a circa 15-20 metri di profondità (Fig. 12A). Tale struttura blocca il rimescolamento delle acque "profonde" più salate (Levantine Intermediate Water - LIW) e ricche in nutrienti. Contrariamente tale struttura è assente in ottobre dove, a causa dell'abbassamento delle temperature superficiali, inizia a ristabilirsi il meccanismo di rimescolamento delle acque profonde (Fig. 12B). L'espressione di tale rimescolamento è rilevabile anche in una generale omogeneizzazione dei valori chimico-fisici della colonna d'acqua. Il rimescolamento della colonna d'acqua ovviamente si riflette anche sul comparto biologico ed in particolare sul fitoplankton (vedi capitolo 6.1).



A



B

Figura 12 – Profili chimico-fisici in colonna d’acqua (Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto, pH); A: Giugno, campagna oceanografica I-AMICA_2012_01; B: Ottobre, campagna oceanografica I-AMICA_2012_02.

6.3 Analisi quantitative Tanatocenosi a Coccolitoforidi

Le analisi quantitative dei coccoliti presenti nei campioni di sedimento prelevati a fondo mare (Tab. 4) hanno pienamente confermato quanto rilevato nella colonna d’acqua. Infatti le caratteristiche dell’associazione a coccoliti variano in funzione delle stagioni di campionamento ed in accordo con la rispettiva biocenosi presente in colonna d’acqua. In giugno si riscontrano valori di abbondanza minori associati ad una maggiore diversità così

come rilevato lungo la colonna d'acqua. In ottobre la specie *E. huxleyi* domina la tanatocenosi raggiungendo percentuali del 80% dell'associazione. Inoltre lo studio della componente rimaneggiata dell'associazione, legata all'apporto solido proveniente dal fiume Volturno, fornisce informazioni sulla distribuzione a mare del *plume* del fiume stesso.

TAXA Campagne oceanografiche I_AMICA_2012_01/02
<i>Emiliania huxleyi</i> – (Lohmann, 1902) Hay & Mohler, 1967
<i>Gephyrocapsa spp</i> – Kamptner, 1943
<i>G. oceanica</i> – Kamptner, 1943
Small Placoliths
<i>Syracosphaera pulchra</i> – Lohmann, 1902
<i>S. histrica</i> – Kamptner, 1941
<i>Umbellosphaera tenuis</i> – (Kamptner, 1937) Paasche, 1955
<i>Discosphaera tubifera</i> – (Murray & Blackman, 1898) Ostenfeld, 1900
<i>Rhabdosphaera xiphos</i> – (Deflandre & Fert, 1954) Norris, 1984
<i>Umbilicosphaera sibogae</i> – (Weber-van Bosse, 1901) Gaarder, 1970
<i>Thoracosphaera heimii</i> – (Lohmann, 1919) Kamptner, 1944
<i>Pleurochrysis spp</i> – Pringsheim, 1955
Holococcoliti

Tabella 4 - Elenco dei Coccoliti identificati nei campioni di sedimento.

6.4 Analisi quantitative biocenosi a Foraminiferi bentonici

I foraminiferi sono tra i componenti più importanti nello studio dei sedimenti marini per la loro ampia distribuzione e la loro abbondanza (Fig. 13). Sono microorganismi unicellulari a guscio mineralizzato ampiamente diffusi in tutti gli ambienti marini e salmastri (Fig. 14). Tra le applicazioni più recenti, riguardanti in particolare i foraminiferi bentonici, vi è il loro utilizzo in studi sulla valutazione della qualità ambientale di aree marino-costiere sottoposte ad intensa attività antropica (Schönfeld et al., 2012). Tale scelta risulta dettata dal fatto che i foraminiferi bentonici, vivendo in corrispondenza dell'interfaccia acqua-sedimento o pochi centimetri al di sotto, sono molto sensibili alla variazione, sia per cause naturali che antropiche, dei parametri fisico-chimici (salinità, temperatura, ossigenazione, materia organica, etc.). Queste variazioni influenzano sia la distribuzione che la composizione e la struttura delle associazioni a foraminiferi (ad esempio, incremento di poche specie opportuniste e/o scomparsa di specie più sensibili). È stato, inoltre, riscontrato in aree soggette ad elevato stress ambientale, come singoli individui possano essere affetti da anomalie morfologiche del guscio e come la dimensione di alcuni individui possa essere sensibilmente ridotta (Yanko et al., 1999). Quindi, sulla base di tali caratteristiche è possibile ottenere indicazioni utili sullo stato delle condizioni ambientali che caratterizzano un ecosistema.

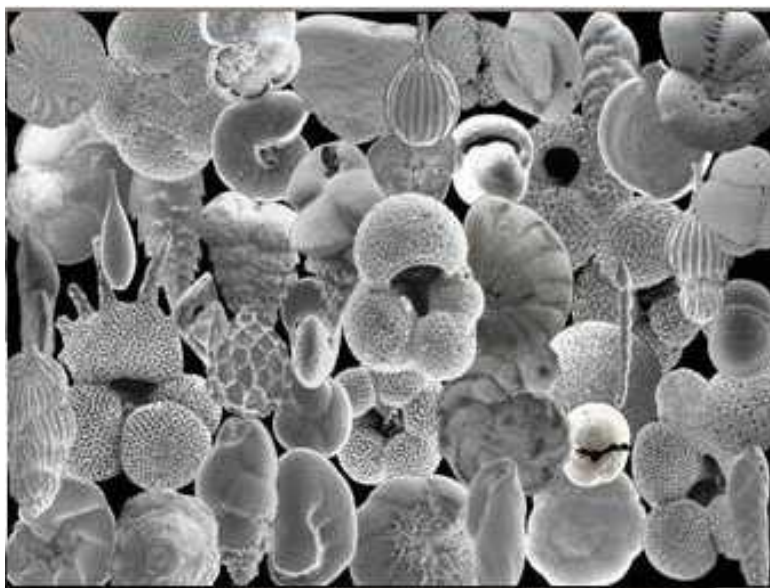


Figura 13 - Foraminiferi planctonici e bentonici.

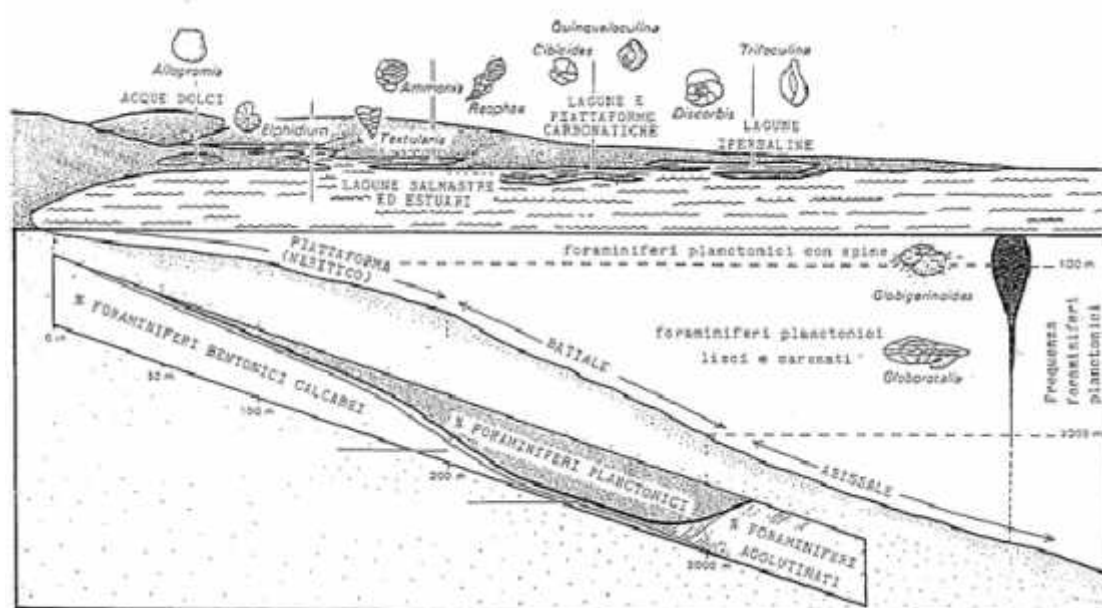


Figura 14 - Schema di distribuzione dei foraminiferi in relazione ai parametri ambientali.

Su tutti i campioni sono state analizzate le associazioni viventi a foraminiferi bentonici. In totale sono state identificate 23 specie di foraminiferi bentonici nei campioni della campagna I-AMICA_2012_01 (Giugno 2012) e 16 specie nei campioni della campagna I-AMICA_2012_02 (Ottobre 2012) come riportato nelle Tabelle 5 e 6.

TAXA Campagna oceanografica I_AMICA_2012_01
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)
<i>Ammonia tepida</i> Cushman
<i>Ammoscalaria pseudospiralis</i> Williamson
<i>Bigenerina cylindrica</i> Cushman
<i>Bolivina catanensis</i> Seguenza
<i>Bolivina dilatata</i> Reuss
<i>Bolivina subospinecens</i> Cushman
<i>Bulimina costata</i> d'Orbigny
<i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny
<i>Eggerella scabra</i> (Williamson)
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)
<i>Elphidium granosum</i> d'Orbigny
<i>Elphidium incertum</i> Williamson
<i>Elphidium punctatum</i> Terquem
<i>Haynesina depressula</i> Walker & Jacob
<i>Nonionella turgida</i> Williamson
<i>Nouria polymorphinodes</i> Heron-Allen & Earland
<i>Rectuvigerina phlegeri</i> Le Calvez
<i>Textularia calva</i> Lallier
<i>Triloculina trigonula</i> Lamarck
<i>Uvigerina mediterranea</i> Hofker
<i>Valvulineria bradyana</i> (Fornasini)

Tabella 5 - Elenco dei foraminiferi bentonici identificati nei campioni di sedimento della campagna di Giugno.

TAXA Campagna oceanografica I_AMICA_2012_02
<i>Ammonia gaimardi</i> (d'Orbigny)
<i>Ammonia tepida</i> Cushman
<i>Bigenerina cylindrica</i> Cushman
<i>Bolivina catanensis</i> Seguenza
<i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny
<i>Eggerella scabra</i> Williamson
<i>Elphidium granosum</i> d'Orbigny
<i>Elphidium incertum</i> Williamson
<i>Elphidium punctatum</i> Terquem
<i>Haynesina depressula</i> Walker & Jacob
<i>Nonionella turgida</i> Williamson
<i>Nouria polymorphinodes</i> Heron-Allen & Earland
<i>Rectuvigerina phlegeri</i> Le Calvez
<i>Reophax nanus</i> Rhumbler
<i>Valvulineria bradyana</i> (Fornasini)

Tabella 6 - Elenco dei foraminiferi bentonici identificati nei campioni di sedimento della campagna di Ottobre.

Da un'analisi preliminare della distribuzione delle abbondanze dei foraminiferi bentonici si evidenzia come in entrambe le campagne l'associazione sia rappresentata da un numero ridotto di individui (Fig. 15 - Fig. 16). In particolare in giugno si riscontrano valori di abbondanza maggiori associati anche ad una maggiore diversità (Tab. 5). Il numero di specie ed i valori di densità, calcolati per entrambe le campagne, sembrano essere correlati alle stagioni di campionamento, infatti si nota come tali parametri tendono a diminuire da giugno ad ottobre (Fig. 15 - Fig. 16).

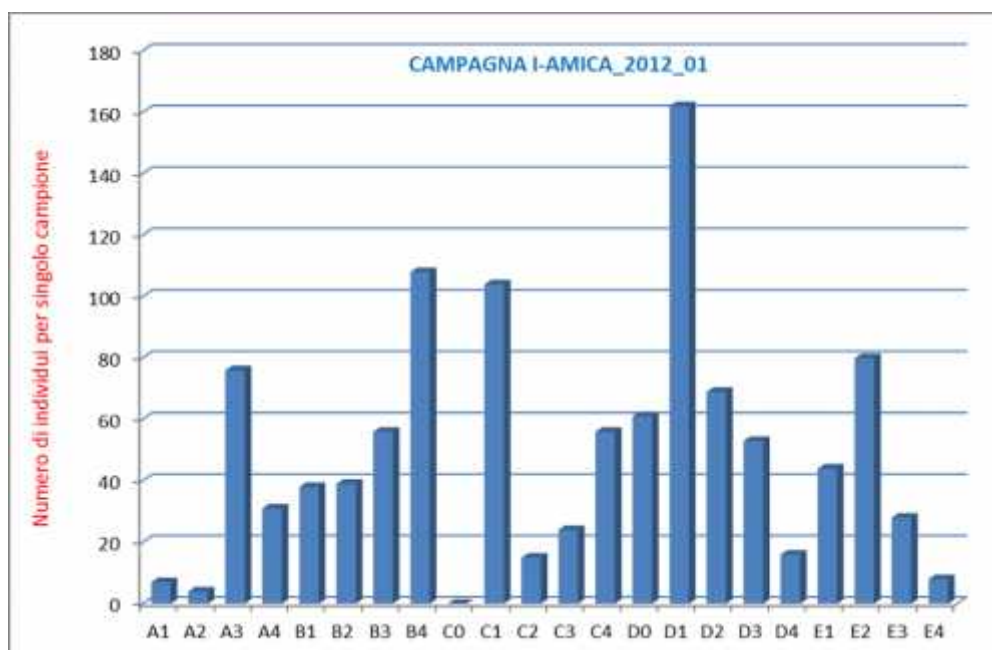


Figura 15 - Distribuzione del numero di individui per campione campagna I-AMICA_2012_01

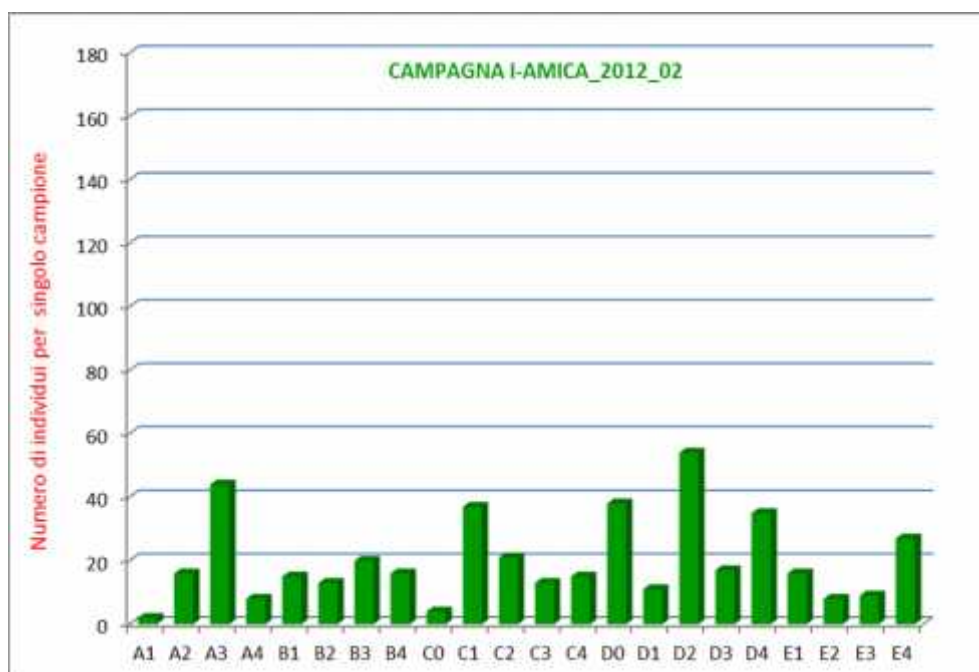


Figura 16 - Distribuzione del numero di individui per campione campagna I-AMICA_2012_02

6.5 Analisi fisiche

Per l'analisi granulometrica di ogni campione di sedimento sono stati prelevati circa 50-100 g umidi di materiale rappresentativo. La preparazione di ogni campione consiste di diverse fasi per una durata complessiva di circa 7 giorni per sedimenti prevalentemente sabbiosi, mentre per sedimenti contenenti frazioni più fini sono necessari anche 10 giorni. Trattandosi di sedimenti composti da più frazioni granulometriche la procedura analitica è stata eseguita per via umida, per via secca e con il granulometro laser.

La frazione di campione rappresentativa è stata sottoposta ai seguenti trattamenti:

- essiccazione in stufa termostatica ventilata a 105° C per 24 ore;
- raffreddamento in essiccatoio e successiva determinazione del peso ottenuto
- doppio lavaggio con acqua ossigenata, a seconda del contenuto in materiale organico, e lavaggio finale con acqua distillata;
- essiccazione a 105°C forno ventilato, per circa 24 h sino a massa costante e lasciato raffreddare in essiccatoio alla temperatura ambiente e successiva determinazione del peso ottenuto;
- lavaggio per via umida con setaccio 63 μ per separare la frazione sabbiosa dalla frazione da analizzare con il granulometro laser;
- setacciatura a secco della frazione superiore a 63 μ utilizzando una pila di setacci della serie ASTM con apertura delle maglie da 4000 μ a 63 μ , e successiva determinazione dei pesi delle singole frazioni ottenute;
- decantazione ed essiccazione in forno della frazione minore di 63 μ e successiva determinazione del peso ottenuto;
- quartatura a secco della frazione minore di 63 μ sino ad ottenere un subcampione da utilizzare per l'analisi con il granulometro laser;
- dispersione del subcampione in una soluzione acquosa con esametafosfato di sodio per 24 ore;
- mescolamento della soluzione per 2 h con frullino a pale e quartatura per via umida della soluzione in 8 subcampioni da utilizzare per l'analisi con il granulometro laser.

I dati numerici ottenuti con le varie fasi analitiche sono stati utilizzati per la costruzione di curve cumulative e di frequenza. Le frazioni ottenute con le diverse tecniche sono state quindi classificate secondo la scala di Udden-Wentworth e le normative AGI 1977, 1994.

La foce del Fiume Volturno presenta una distribuzione del sedimento con trend delle classi analizzate (sabbia, limo e argilla) parallelamente alla linea di costa ed in progressiva traslazione verso il largo: quello della sabbia (sabbie limose, con scarsa o nulla componente argillosa) si estende fino a 10-15 metri di profondità, quello del limo (con frazione argilloso-sabbiosa variabile) si localizza tra 15 e 40 metri di profondità, quello dei limi argillosi nelle zone più esterne fino a 50 metri.

CAMPIONE	PROFONDITA' (m)	SABBIA%	LIMO%	ARGILLA%
A1	15,9	61,4	32,83	5,77
A2	20,3	27,05	58,05	14,9
A3	29	20,7	56,66	22,64
A4	45,6	4,04	66,97	28,99
B1	15	44,92	42,55	12,53
B2	19,1	22,14	53,7	24,15
B3	26	16,38	60,13	23,49
B4	42,7	10,09	60,31	29,6
C0	9,9	86,35	11,3	2,35
C1	13,7	10,95	61,15	27,9
C2	18	7,14	57,53	35,33
C3	24,1	13,28	60,32	26,4
C4	40,1	8,11	73,45	18,44
D0	12,1	45,32	38,85	15,83
D1	14,1	5,06	57,7	37,24
D2	18,1	6,95	52,55	40,5
D3	24	8,9	68,05	23,06
D4	41,3	0,8	68,64	30,55
E1	15,7	14,44	56,03	29,53
E2	19,1	20,34	55,09	24,57
E3	27	7,42	70,49	22,09
E4	48,1	1,51	69,3	29,19

Tabella 7 - Granulometrie dei campioni analizzati.

6.6 Analisi geochemiche

Le sostanze chimiche possono essere distinte, a seconda del loro grado di pericolosità, in due grandi gruppi. Nel primo ritroviamo le sostanze tossiche persistenti e bioaccumulabili, i cui effetti non diminuiscono né col passare del tempo né in relazione alla variazione delle condizioni chimico-fisiche dell'ambiente, mentre il secondo gruppo comprende sostanze tossiche biodegradabili. Delle prime fanno parte diversi metalli normalmente insolubili allo stato elementare, e quindi con scarsa attività biologica, ma che, per cause assai complesse, possono formare anioni ed altri composti organici ad elevato grado di tossicità accumulandosi nei tessuti e nei sedimenti. Sono, inoltre, sostanze altamente tossiche e persistenti gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), i PCB (Policlorobifenili) e i Pesticidi organoclorurati.

Metalli

Uno dei maggiori problemi dell'ambiente marino è costituito dalla contaminazione di inquinanti di natura inorganica quali i *metalli pesanti*. Con il termine metalli pesanti si fa riferimento ad elementi tra di loro eterogenei appartenenti a differenti gruppi, che vanno dai metalli di transizione ai non metalli. Alcuni di questi metalli pesanti (Fe, Cu, Zn, Cr, Mn,

Ni, Co, Mo) sono tuttavia essenziali in concentrazioni minime per il metabolismo cellulare (oligoelementi), mentre altri (Hg, Cd, Pb, e Sn) non sembrano avere un ruolo chiave nei cicli vitali. Tutti però, ad alte concentrazioni, possono avere effetti tossici interferendo nel metabolismo cellulare. I metalli possono trovarsi nelle acque marine sia disciolti in soluzione, complessati da piccole molecole di natura organica, che adsorbiti su materiale particolato.

Contaminanti Organici

Per microinquinanti organici si intendono tutte quelle sostanze che contengono almeno un atomo di carbonio legato all'ossigeno e all'idrogeno. Molti di questi composti sono monitorati nell'ambiente, sia esso marino che terrestre, perché risultano essere sostanze altamente tossiche anche in piccole concentrazioni e che quindi possono essere responsabili di processi patologici a carico di diversi organi e apparati (cute, sistema immunitario, sistema riproduttivo, sistema endocrino e sistema nervoso). Tra questi composti, quelli monitorati più frequentemente perché considerati più dannosi per l'uomo, sono i Policlorobifenili (PCB), gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e i Pesticidi. In particolare, i Policlorobifenili sono composti chimici contenenti cloro ed impiegati in un'ampia gamma di applicazioni: fluidi dielettrici, trasformatori, fluidi per scambio termico, fluidi per circuiti idraulici, lubrificanti e oli da taglio, nonché come additivi in vernici, pesticidi, carte copiative, adesivi, sigillanti, ritardanti di fiamma e fissanti per microscopia. Essi risultano estremamente stabili e solubili in sostanze idrofobe come oli e grassi. Dal punto di vista tossicologico sono da considerare solo 12 PCB (detti complanari per la loro struttura molecolare), i quali presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani e perciò denominati PCB dioxin-like (PCB 77, 81, 126, 169, 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 e 189).

Per Pesticidi, invece, si intende un'ampia categoria di insetticidi, antiparassitari, acaricidi, rodenticidi, erbicidi ampiamente utilizzati in agricoltura e in ambito civile. Sono veleni dell'assone, cioè interferiscono con la trasmissione dell'impulso nervoso. Provocano danni al cervello (alterazioni comportamentali), all'attività muscolare involontaria e deprimono l'attività respiratoria (oblongata). Inoltre, sensibilizzano il muscolo cardiaco all'azione delle catecolamine, provocando aritmie. Generano sovente, anche, un danno epatico e renale dovuto all'azione di alcuni metaboliti tossici ed alcuni di essi hanno un'azione cancerogena.

Obiettivo dell'attività analitica condotta è stato, quindi, quello di effettuare la ricerca di contaminanti chimici nella matrice sedimento superficiale di interfaccia e sedimento sottostante a circa 25 cm dal fondo del mare per la prima stagione di campionamento effettuata a giugno del 2012, con particolare riferimento in questa prima fase di screening dello stato di salute dell'area foce fiume Volturno, ad elementi maggiori, minori ed in tracce (Al, Fe, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sr, V e Zn), PCB (28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169 e 180) e Pesticidi (Tabella 8).

Analisi fisiche e chimiche	Parametri analitici	Numero di determinazioni
Descrizione macroscopica	/	Su tutti i box-core
T°, pH, Eh, granulometria	/	Su tutti i campioni prelevati
Metalli	Al, Fe, As, Ba, Cd, Co, Cr _{tot} , Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sr, V e Zn	Su tutti i campioni prelevati
Carbonio Organico Totale (TOC)	/	Su tutti i campioni prelevati
Azoto totale (TN)	/	Su tutti i campioni prelevati
Policlorobifenili (PCB)	Somma dei congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 105, 11, 118, 123, 126, 128, 138, 153, 156, 157, 167, 169, 170, 180	Su tutti i campioni prelevati
Pesticidi organoclorurati	Aldrin, Dieldrin, α-esaclorocicloesano, β-esaclorocicloesano, γ-esaclorocicloesano (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza: somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, eptacloro, eptacloro epossido, ossiclordanocis-clordano, trans-clordano, trans-nonacloro, cis-nonacloro, eldrin, mirex, metossicloro	Su tutti i campioni prelevati

Tabella 8 - Elenco delle analisi chimiche e fisiche effettuate sui campioni di sedimento prelevati nel corso della Campagna I-AMICA_2012_01 (Giugno).

Le procedure analitiche utilizzate per questo progetto sono state scelte tra quelle riportate nei protocolli nazionali e internazionali (EPA, APAT, Reg. CE 333/2007, Reg. CE 1883/2006 e Reg. CE 1881/2006). In assenza di alcuni protocolli sono state approntate procedure di cui si documenta la validità. Al momento del campionamento con una spatola di plastica sono stati prelevati circa 5 gr. di campione per ogni punto di campionamento. I sedimenti così prelevati sono stati omogeneizzati in-situ, posti in appositi contenitori sterili HDPE e conservati per il trasporto a temperatura compresa tra +4 °C e -18°C.

Per quanto riguarda la preparazione dei campioni per la determinazione analitica del contenuto in elementi maggiori, minori ed in tracce si è proceduto con una digestione acida del sedimento (EPA 3052). Le analisi di tutti gli elementi chimici sono state effettuate tramite l'utilizzo di ICP-AES Vista MPX della Varian. La tecnica di quantificazione in ICP-AES (EPA 6010 B) è stata quella dello standard esterno con curve di calibrazione a 5 punti. Lo standard di matrice utilizzato per verificare le prove di recupero e l'affidabilità delle misure è stato il PACS-2. Il recupero stimato per i vari elementi è stato superiore al 95%, mentre la deviazione standard associata alle singole misure è stata stimata essere ±10%.

I campioni di sedimento vengono, invece, sottoposti ad un'estrazione accelerata con una miscela Esano-Acetone 80:20 (miscela estraente) per mezzo di un ASE 200 della Dionex per la determinazione analitica dei PCB. L'estratto viene concentrato a circa 1 ml, purificato su colonna di florisil ed analizzato tramite un Gas Cromatografo abbinato ad uno spettrometro di massa a trappola ionica in modalità MS/MS. La procedura prevede lo

spiking del campione in fase di preparazione con standard di estrazione (PCB 105 marcato con ^{13}C) ed interno (PCB 209 marcato con ^{13}C) in grado di monitorare i valori del recupero dei diversi analiti nelle varie fasi di lavoro.

I Pesticidi organoclorurati sono estratti dal sedimento analogamente alla procedura adottata per la preparazione per l'analisi dei PCB. In questo caso la procedura prevede lo spiking del campione in fase di preparazione con standard di estrazione (soluzione standard di DDE deuterato) ed interno (soluzione standard di Aldrin deuterato).

Il metodo analitico utilizzato per la determinazione analitica del carbonio e azoto totale è quello riportato in "Metodologie Analitiche di Riferimento (ICRAM, 2001)" nel quale il campione viene acidificato e posto in stufa a 60°C. Il campione così preparato viene inserito all'interno dell'analizzatore elementare (ThermoElectron Flash EA1112). La tecnica utilizzata per la quantificazione del carbonio organico totale e dell'azoto totale nei campioni è quella dello standard esterno con retta di calibrazione a 5 punti, mentre per la verifica della riproducibilità il 30% dei campioni viene sottoposto ad una doppia lettura con un errore associato sulla singola misura del $\pm 5\%$. Inoltre, ogni 8 campioni viene misurato uno standard di riferimento (Acetanilide - N:C 10.6%:71.2%).

L'analisi preliminare del contenuto in metalli dei campioni di sedimento ha messo in evidenza principalmente che per i punti campionamento B1, C1, D4 e E3 (Fig. 2) risulta un lieve arricchimento degli analiti in profondità (livello 10-20), mentre per i punti di campionamento C2, C3, D1, D3, E1 e E2 (Fig. 2) si apprezza un debole arricchimento degli analiti nel livello di sedimento superficiale (livello 0-10 cm).

Per quanto riguarda la determinazione analitica dei PCB, i dati hanno messo in evidenza la presenza di alcuni congeneri in basse concentrazioni.

Per quanto riguarda, invece, l'analisi dei Pesticidi nella totalità dei casi non è stato possibile determinarli in quanto risultano al di sotto del limite di quantificazione strumentale.

Infine, sono state effettuate analisi di carbonio e azoto totale condotte sui sedimenti marini nell'area di transizione fiume-mare foce Volturno, che hanno messo in evidenza in alcuni campioni concentrazioni maggiori dell'1 %.

Bibliografia

- Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Roskopf C., Russo F., Santangelo N. (1995). L'evoluzione delle pianure costiere della Campania: Geomorfologia e Neotettonica. Mem. Soc. Geogr. It., 53, 313-336.
- Bonardi G., D'Argenio B., Perrone V., 1988. Carta geologica dell'Appennino meridionale Mem. Soc. Geol. It., 41, 1341
- Capaldi G, Civetta L, Gillot PY (1985) Geochronology of Plio-Pleistocene volcanic rocks from Southern Italy. Rend. Soc. It. Min. Petr., 40, 25-44.
- Pennetta M., Valente A., Abate D., Budillon G., De Pippo T., Leone M., Terlizzi F., 1998. Influenza della morfologia costiera sulla circolazione e sedimentazione sulla piattaforma continentale campano-laziale tra Gaeta e Cuma (Italia meridionale). Boll. Soc. Geol. It.,

117, 281-295.

Yanko, V., Arnold, A., Parker, W., 1999. Effect of marine pollution on benthic foraminifera. In: Sen Gupta, B.K. (Ed.), *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic, Dordrecht, 217-235.

Schlitzer, R., 2013. Ocean Data View, <http://odv.awi.de>

Schönfeld J., Alve E., Geslin E., Jorissen F., Korsun S., Spezzaferri S. and Members of the FOBIMO group, 2012. The FOBIMO (FOraminiferal Blo-MOnitoring) initiative—Towards a standardized protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Mar. Micropal.*, 94-95, 1-13.

Walton, W.R., 1952. Techniques for recognition of living foraminifera. *Contributions of the Cushman Foundation for Foraminiferal Research* 3, 56-60.